

intestazione repository dell'ateneo

Ricerche sulle deformazioni gravitative profonde di versante nell'Appennino modenese e bolognese

This is the peer reviewed version of the following article:

*Original*

Ricerche sulle deformazioni gravitative profonde di versante nell'Appennino modenese e bolognese / Tosatti G.. - STAMPA. - 1(1987), pp. 5.01-5.15. ((Intervento presentato al convegno Riunione dei Ricercatori di Geologia tenutosi a Milano nel marzo 1987.

*Availability:*

This version is available at: 11380/594628 since:

*Publisher:*

Grafiche Somalia snc

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

openAccess

Testo definito dall'ateneo relativo alle clausole di concessione d'uso

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# **ATTI DELLA RIUNIONE DEI RICERCATORI DI GEOLOGIA**

**Ricerche sulle deformazioni  
gravitative profonde di versante  
nell'Appennino modenese e bolognese**

**G. Tosatti**

MILANO 1987

---

RICERCHE SULLE DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTENELL' APPENNINO MODENESE E BOLOGNESE

G. Tosatti (.)

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni deformazioni gravitative profonde di versante sono state riconosciute abbastanza diffusamente in quasi tutta l'area alpino-appenninica (von Engelen, 1963; Guerricchio e Melidoro, 1981; Sorriso-Valvo, 1984 & 1987), ove gli esempi descritti riguardano soprattutto condizioni litologiche determinate dalla sovrapposizione di formazioni "rigide" su altre duttili, a comportamento plastico-viscoso. Nonostante i numerosi dati raccolti a favore di questa interpretazione permangono ancora difficoltà nell'accettare l'esistenza di estesi movimenti gravitativi profondi e dei relativi meccanismi, che si tende ancora a considerare come strutture tettoniche, per lo più determinate da faglie.

Nell'area appenninica settentrionale, anche l'analisi geomorfologica ha spesso attribuito alcune forme a processi di tipo carsico, quali: polje, doline e inghiottitoi, anziché a deformazioni gravitative profonde. Tali fenomeni non sono fino ad ora stati descritti nell'Appennino settentrionale, con la sola eccezione di Predappio Alta (Cancelli & Alii, 1987), nonostante che si tratti di una delle aree più franose della penisola e che le condizioni litologiche e strutturali siano fra le più tipiche per l'instaurarsi di deformazioni profonde.

Il Gruppo di ricerca sulle frane, afferente all'Istituto di Geologia dell'Università di Modena, ha attivato un programma di ricerca sulle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante articolato nelle seguenti fasi di indagine:

- a) studio geologico e geomorfologico finalizzato alla definizione dei fattori strutturali e morfogenetici collegati ai movimenti gravitativi profondi;
- b) identificazione di forme di rottura tipiche di materiali deformantisi in maniera rigida (scarpate, contropendenze, trincee fratture beanti, ecc..) sovrapposti a complessi duttili a comportamento plastico-viscoso;

---

(.) ric. Giovanni Tosatti, Istituto di Geologia, Facoltà di Scienze dell'Università di Modena.

- c) valutazione quantitativa del fenomeno attraverso la caratterizzazione geotecnica e geomeccanica dei materiali coinvolti;
- d) previsione dell'evoluzione a lungo termine delle condizioni di instabilità;
- e) analisi della riattivazione e dell'accelerazione dei fenomeni durante eventi sismici o meteorici particolarmente intensi.

La presente nota illustra alcuni esempi di movimenti gravitativi profondi studiati nell'Appennino modenese e bolognese, relativamente a condizioni litologiche e meccaniche determinate dalla sovrapposizione di arenarie calcaree mioceniche o di flysch su formazioni a comportamento plastico-viscoso, per lo più litologicamente complesse, con prevalenza di argille e argilloscisti delle Unità Liguri s.l. e della successione Ranzano-Bismantova. Si tratta di deformazioni assai rappresentative di quelle presenti diffusamente nel versante padano dell'Appennino settentrionale: dalla provincia di Parma fino a quelle di Forlì e Pesaro. Gli esempi che seguono rappresentano i primi contributi all'identificazione di tali fenomeni nell'Appennino modenese e bolognese (fig. 1).

## 2. LA FRANA DI ACQUARIA (Prov. di Modena, bacino del F. Panaro)

La successione litologica è costituita da flysch calcareo (Flysch di M. Venere, Cretaceo sup.) sovrapposto alla Formazione delle Argille a Palombini (Cretaceo inf.). La fig. 2 descrive la situazione geologica dell'area. Le caratteristiche morfologiche più evidenti sono costituite dalla presenza di un doppio fossato alla sommità del rilievo, separato da una piccola dorsale longitudinale. I fossati si presentano come blande conche a drenaggio chiuso che, per costituzione litologica, non possono certo essere ascritte a processi di tipo carsico. Il movimento generale della montagna può essere interpretato come un'espansione laterale, con evidenti rigonfiamenti del substrato argillitico, mentre i limiti dell'espansione laterale sono chiaramente controllati da fratture tettoniche. Gli espandimenti laterali, con i conseguenti rigonfiamenti, provocano scivolamenti rotazionali di roccia, talora di vasta estensione, come, ad esempio, quello di Castellaro, nella parte sud-est della fig. 2. Questi scivolamenti si evolvono successivamente in grandi colate che coinvolgono anche i complessi argillosi di base. Esse sono

continuamente rinnovate, come quella risalente al 1939 che distrusse una parte del nucleo abitato di Acquaria.

Una dimostrazione dell'importanza del fenomeno di espandimento laterale sull'evoluzione dinamica piu' evidente dei versanti (scorrimenti e colamenti) si ha osservando la distribuzione e le dimensioni di questi ultimi. Nella parte settentrionale del rilievo, soprattutto le colate sono molto meno estese e profonde. D'altra parte senza la presenza di espandimenti laterali che coinvolgono lo spessore di flysch di circa 500-600 m, non si potrebbe spiegare il continuo rinnovamento delle condizioni di instabilita' che danno origine sempre a nuove frane per scorrimento con i soli gradienti di pendio presenti: ad esempio 18 gradi per la frana del 1939.

### 3. LA FRANA DI SEMELANO (Prov. di Modena, bacino del F. Panaro)

Le condizioni geologiche al contorno della frana di Semelano sono caratterizzate dalla Formazione di Bismantova in facies calcarenitica massiccia e in facies arenacea (Miocene medio-inf.). Questa formazione poggia in continuita' sulle Marne di Antognola (Oligocene sup.); l'intera successione poggia a sua volta sulle Argille a Palombini e sulle Argille Varicolori dei Complessi di base liguri, con assetti che pur rilevabili non formano strutture organizzate.

L'elemento morfologico piu' evidente e' rappresentato da una serie di blocchi ribassati costituenti il rilievo di M. Asinello, separato dagli affioramenti arenaceo-calcarei retrostanti dall'ampia area sub-pianeggiante di Semelano, mentre una serie di colate di terra sono impostate nei terreni argillosi dei Complessi di base latitanti la placca arenaceo-calcareo (fig. 3). All'interno degli affioramenti della Formazione di Bismantova sono osservabili pianori con fratture aperte, gulls e depressioni chiuse, delimitate da pareti sub-verticali che conservano perfettamente le strutture sedimentarie, senza mostrare mai microstrutture da movimenti tettonici (slickensides, ecc.), pur essendo evidente dall'analisi sul terreno e per osservazione delle foto aeree che si tratta di nette superfici di rottura. Ad un esame piu' approfondito, in realta', la serie di masse rocciose costituenti il rilievo abbassato di M. Asinello e' formata da un ammasso disordinato di blocchi arenacei di dimensioni superiori al metro cubo, con pacchi di strati conservanti l'originaria giacitura: il grado di pendenza degli strati in taluni casi mostra fenomeni di basculamento. Inoltre alcune osservazioni effettuate dal 1985 ad oggi, hanno permesso di rilevare che alcuni dei cosiddetti inghiottitoi, di dimensioni

sub-metriche, tendono a variare nettamente di dimensione nel corso del tempo, fino a chiudersi totalmente e a formarsene di nuovi. Altrettanto dicasi per le fratture: una di queste, attualmente larga poco più di 50 cm e completamente beante, si è formata nel giro di cinque anni circa. La sua orientazione risulta ortogonale al margine della placca e quindi parallela al senso del movimento gravitativo ricostruito. Per altre fratture, attrezzate per la misurazione, si registrano variazioni positive o negative, a seconda dei casi, di 1-2 mm all'anno. Queste spaccature mostrano una forma triangolare più o meno marcata, con allargamento verso la parte bassa. Lo schema della frana di Semelano e la sua evoluzione sono rappresentati in fig. 4.

Il modello proposto fa riferimento ad una situazione iniziale rappresentata da una placca continua interessata da faglie e fratture di origine tettonica; successivamente, deformazioni plastico-viscose nelle formazioni d'appoggio determinano un primo sprofondamento degli ammassi rocciosi lateralmente non confinati, con formazione di rigonfiamenti frontali. Lo smembramento della placca sarebbe poi determinato da una successione di scorrimenti rotazionali alternati a fenomeni di espansioni laterali. La zona di distacco principale, formando il coronamento superiore dell'area in frana, corrisponde ad una faglia diretta che in conseguenza del movimento gravitativo mostra oggi uno spostamento di tipo inverso. Infine, un'altra evidenza della frana è rappresentata dal fatto che la suddivisione in blocchi della placca cresce in intensità e frequenza dal coronamento verso il piede della frana stessa, fino a formare una sorta di detrito di falda grossolano.

Se esistono attualmente evidenze di movimenti, seppur lenti, e colate attive frontali, l'epoca dei movimenti principali resta indeterminata, per quanto antecedente al XVII secolo poiché nel nucleo abitato di Semelano compaiono edifici risalenti a quell'epoca. Vi è infine da ricordare la presenza, nel punto geometricamente più basso del margine di placca, di un'importante sorgente con portate variabili tra 0,05 e 0,12 m<sup>3</sup>/s, il cui bacino di alimentazione, come dimostrato da prove con traccianti, è ricollegato ai gulls e alle depressioni presenti all'interno della placca. Questa circolazione idrica rappresenta in realtà una conseguenza della struttura acquisita dalla placca arenacea a seguito del movimento franoso e, in seguito alle elevate pressioni interstiziali che essa determina, un fattore accentratore del disequilibrio delle masse rocciose stesse.

#### 4. LA FRANA DI ROCCA DI ROFFENO (Prov. di Bologna, bacino del F. Reno)

La frana di Rocca di Roffeno interessa una superficie di  $195.000 \text{ m}^2$ , coinvolgendo terreni argillosi e argilloscisti appaenenti ai Complessi di base (Liguridi), torbiditi marnoso-siltose del Gruppo di Antognola e arenarie e calcareniti del Gruppo di Termina-Bismantova (Epiliguridi). Il movimento franoso, ascrivibile a deformazioni gravitative profonde di versante, e' manifestato da espansioni laterali, scorrimenti rotazionali, crolli e scivolamenti di roccia e colate di terra (fig. 5 ). Lo studio del fenomeno gravitativo e' stato condotto analizzando in particolare la densita' e la distribuzione delle fratture dei litotipi rigidi, le caratteristiche geotecniche dei terreni argillosi e l'andamento delle precipitazioni. Le indagini condotte hanno messo in evidenza che l'instabilita' all'origine della frana e' dovuta essenzialmente alla spinta deformativa esercitata dal peso della placca lapidea sui sottostanti terreni argillosi che, in seguito alla plasticizzazione allo stato solido, sono rifluiti verso le zone di minor sollecitazione all'esterno del margine di placca. Evidenze di questa particolare tipologia di frana, riconducibile ad una deformazione gravitativa profonda, sono riscontrabili sia lungo il contatto litotipi rigidi/litotipi duttili, dove questi ultimi formano rigonfiamenti evolventi in scorrimenti rotazionali e in colate di terra, sia nella zona sommitale, circostante alla nicchia di distacco, dove sono presenti strutture pseudocarsiche e pseudotettoniche, quali avvallamenti doliniformi, gulls e fratture aperte (fig. 6 ).

La frana di Rocca di Roffeno ha avuto una riattivazione subitanea nel 1939, in seguito a precipitazioni di eccezionale intensita': nei cinque giorni immediatamente precedenti la ripresa del movimento si registro' nella zona il massimo valore di precipitazione di tutto il trentennio 1921-1950. L'infiltrazione delle acque meteoriche nelle fessure beanti e profonde ha comportato una rapida asportazione del detrito colmante le cavita' interne della placca lapidea, accelerando nel contempo lo scalzamento dei massi disarticolati lungo il pendio. A fianco di un'azione di parziale dilavamento ed asportazione meccanica delle particelle sciolte, di riempimento delle cavita' delle fratture, puo' essersi verificato anche un aumento della pressione idrostatica lungo i piani di frattura in seguito all'infiltrazione delle acque meteoriche. Nel contempo si produceva l'ammollimento dei terreni argillosi circostanti alla placca arenacea di Roffeno, gia' intrisi d'acqua per le precipitazioni dei giorni precedenti, che raggiungevano rapidamente valori del contenuto d'acqua naturale vicini al



limite di liquidita' ( $Wl = 42\%$  ;  $Ip = 22\%$ ) o addirittura alla saturazione, con parametri di resistenza al taglio residui:  $\phi_r = 12$  gradi e  $Cr = 20$  kPa. Il concorso dei fenomeni descritti puo' allora giustificare il carattere subitaneo della frana, confermando gli stretti rapporti esistenti tra intensita' e durata degli eventi meteorici e repentina attivazione di movimenti franosi del tipo qui esaminato.

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base degli esempi considerati e di altre situazioni osservate nella medesima area, si e' potuto ipotizzare e ricostruire un meccanismo di rottura riconoscibile in situazioni di sovrapposizione di formazioni rigide su di un substrato costituito da formazioni prevalentemente argillose e argilloscistose. La sequenza dei meccanismi di rottura e' schematizzata nella fig. 7, che simula una placca rocciosa interessata da un reticolo di fratture di origine tettonica, in condizioni litologiche e morfologiche inizialmente simmetriche (A). In questa fase la placca si comporta come una fondazione superficiale a platea poggianti su un mezzo compressibile, per cui si determinano cedimenti differenziali piu' marcati nella parte centrale rispetto ai limiti esterni. Questi cedimenti differenziali danno luogo al formarsi di fratture verticali (quando non preesistenti per motivi tettonici), aperte lungo il lembo teso della placca; si ha quindi una prima separazione in prismi verticali, accompagnata da rifluimenti laterali e rigonfiamenti nelle argille affioranti lungo il margine di placca. Corrispondentemente al bulge laterale si forma una prima superficie rotazionale di rottura (B). Conseguentemente a questi primi slumps inizia l'espansione laterale dei blocchi, determinando l'apertura delle fratture e la formazione di gulls, i quali tendono a riempirsi sia con i materiali colluviali provenienti dalla superficie sia dal rifluimento plastico delle argille dal fondo, secondo un fenomeno di tipo diapirico. Nelle immediate vicinanze del margine di placca, per spostamenti piu' marcati e continui, i gulls restano aperti sino a dare origine a crolli o basculamenti di masse isolate, per lo piu' di piccole dimensioni (C). Successivamente, l'approfondimento del livello di base dei solchi vallivi e l'erosione lungo i pendii danno luogo a grandi e profondi scivolamenti rotazionali (D), al basculamento di blocchi e di masse rocciose (E) e, alla fine, ad altri slumps e fenomeni di colamento (F). Questi processi possono continuare nel tempo e causare una progressiva espansione e suddivisione della placca rocciosa. Sostanzialmente, le ultime fasi del



meccanismo di rottura proposto (D,E,F) coincidono con quelle descritte da Pasek (1974) ma sarebbero in realta' conseguenti al meccanismo di rottura qui proposto, derivante inizialmente da un semplice cedimento differenziale di una placca rigida su un mezzo compressibile, senza che sia necessario inizialmente un gradiente di pendio tale da determinare superfici di rottura.

Il programma di ricerca sulle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante nell'Appennino settentrionale, intende proseguire nei prossimi anni con l'identificazione di altre situazioni simili a quelle descritte nella presente nota, partendo dall'esame delle caratteristiche geomorfologiche identificabili da foto aeree, onde censire sistematicamente questo tipo di deformazioni gravitative lungo tutto l'arco appenninico settentrionale. Sulla base dei dati raccolti, si cercherà inoltre di definire l'età dei movimenti e il modello geomeccanico di rottura dei litotipi rigidi, partendo dal modello di platea rigida poggiante su substrato duttile.

Altri esempi studiati, e che saranno oggetto di prossime pubblicazioni, riguardano la zona di Monzone (valle del F. Panaro), le "rupi" di Bismantova (provincia di Reggio Emilia) e di S. Leo (provincia di Pesaro) e la zona del Lago di Pratignano (alto Appennino modenese). Quest'ultimo esempio è particolarmente significativo poiché si riferisce a condizioni geologiche diverse da quelle sopra ricordate. Infatti, nei flysch arenacei terziari del crinale appenninico (Unità toscane) i movimenti gravitativi profondi interessano spessori di alcune centinaia di metri e sono riconducibili a scivolamenti in blocco, secondo il modello proposto da Beck (1967). Così alcuni laghi già considerati di origine "tettonica", o alcune conche interpretate come circhi glaciali e sdoppiamenti di cresta, devono in realtà ricondursi a sackungen, derivanti da deformazioni gravitative profonde.

Queste ricerche sulle frane dell'Appennino settentrionale sono iniziate con la collaborazione del prof. A. Cancelli del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano e dei proff. M. Pellegrini e A. Colombetti dell'Istituto di Geologia dell'Università di Modena.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

BIBLIOGRAFIA

- (1) BECK A.C. - Gravity faulting as a mechanism of topographic adjustment. N.Z. Journal of Geology and Geophysics, 11, n.1, 1967, Auckland, New Zealand.
- (2) CANCELLI A., CAPOZZI R. & GALLONI G. - Aspetti geologici e geotecnici della frana di Predappio Alta (Appennino emiliano-romagnolo, Prov. di Forlì). Boll. Soc. Geol. It., CVI, Fasc.1, 1987, Roma.
- (3) ENGELEN (von) G.B. - Gravity tectonics in the northern-western Dolomites (N. Italy). Geol. Ultraiee., 13,1-92, 1963.
- (4) GUERRICCHIO A. & MELIDORO G. - Movimenti di massa pseudo-tettonici nell'Appennino dell'Italia meridionale. Geol. Appl. e Idrogeol., 14-1, 1979, Bari.
- (5) PASEK J. - Gravitational block-type slope movements. Proc. 2nd Intern. Congr. Int. Assoc., Engineering Geology, Vol.2, 1974, Sao Paulo, Brazil.
- (6) SORRISO-VALVO M. - Atti del 1° Seminario "Deformazioni gravitative profonde di versante". Boll. Soc. Geol. It., CIII, 1984, Roma.
- (7) SORRISO-VALVO M. & CRESCENTI U. - Atti del 2° Seminario del Gruppo Informale del C.N.R. "Deformazioni gravitative profonde di versante". Boll. Soc. Geol. It., CVI, Fasc.2, 1987, Roma.

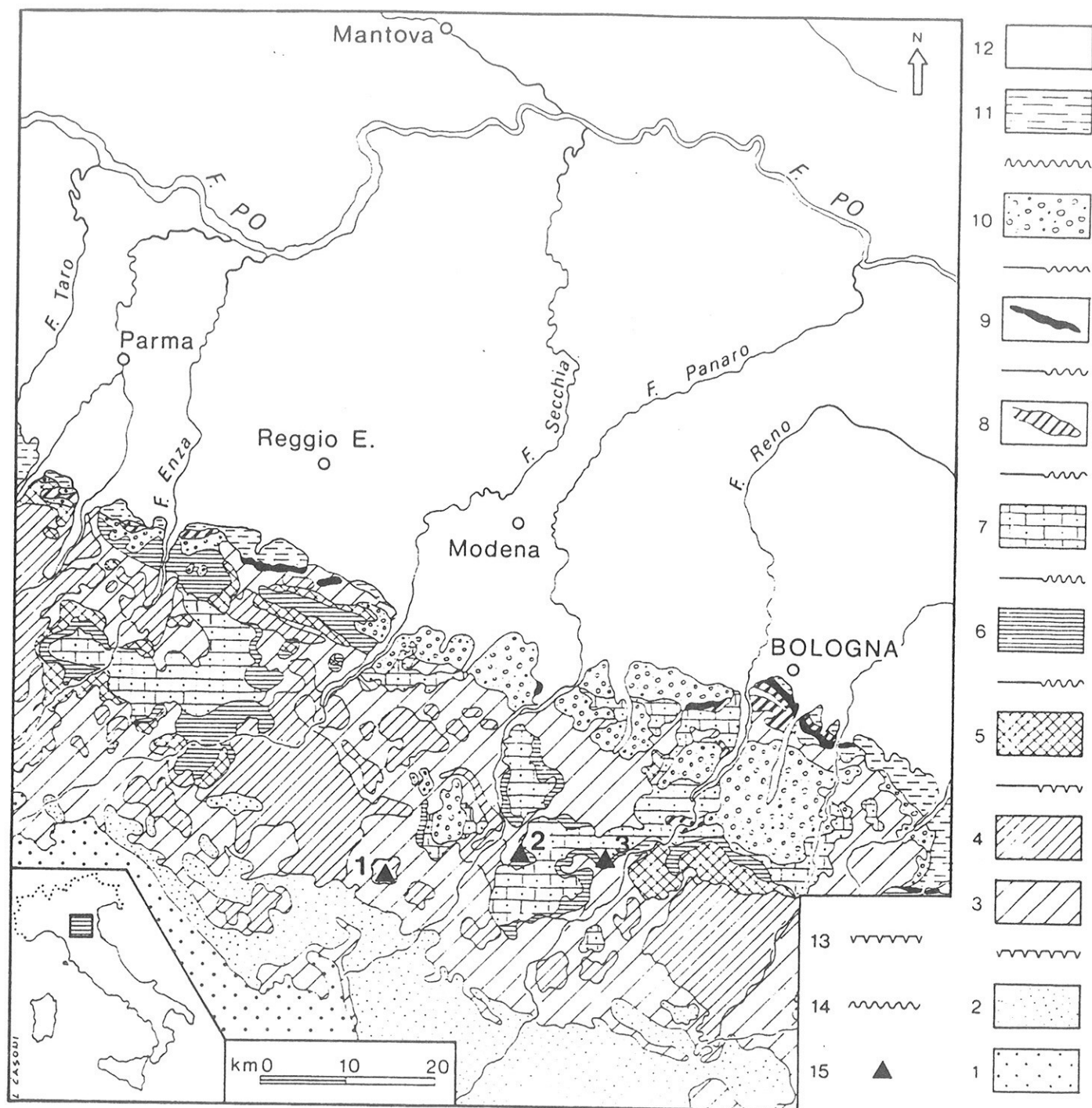


Fig. 1 - Schema geologico dell'Appennino emiliano

- 1) Flysch arenaceo: Macigno (Oligocene sup.-Miocene inf.);
- 2) Flysch prevalentemente arenaceo: Unità di M. Modino-M. Cervarola (Miocene);
- 3) Unità delle Liguridi : successioni prevalentemente argilloscistose dei Complessi di base (Cretaceo-Eocene);
- 4) Unità delle Liguridi: flysch calcarei e arenacei (Cretaceo-Eocene);
- 5) Formazione di Ranzano/Loiano (arenarie) e Montepiano (argilloscisti) (Eocene medio/sup.-Oligocene);
- 6) Formazione di Antognola: peliti e molasse (Oligocene sup.-Miocene inf.);
- 7) Formazione di Bismantova: arenarie calcaree terrigene e bioclastiche (Miocene medio-inf.);
- 8) Formazione del Termina: marne prevalenti (Tortoniano);
- 9) Gessi, argille, conglomerati e calcari evaporitici (Messiniano);
- 10) Successione marina intrappenninica: conglomerati, sabbie e argille (Pliocene);
- 11) Successione marina del margine appenninico: formazioni prevalentemente argillose (Pliocene-Pleistocene);
- 12) Depositi alluvionali della Pianura Padana: da sabbie ad argille (Quaternario);
- 13) Contatto tettonico;
- 14) Contatto stratigrafico con lacuna;
- 15) Ubicazione delle frane studiate: 1. Acquaria, 2. Semelano, 3. Rocca di Roffeno.

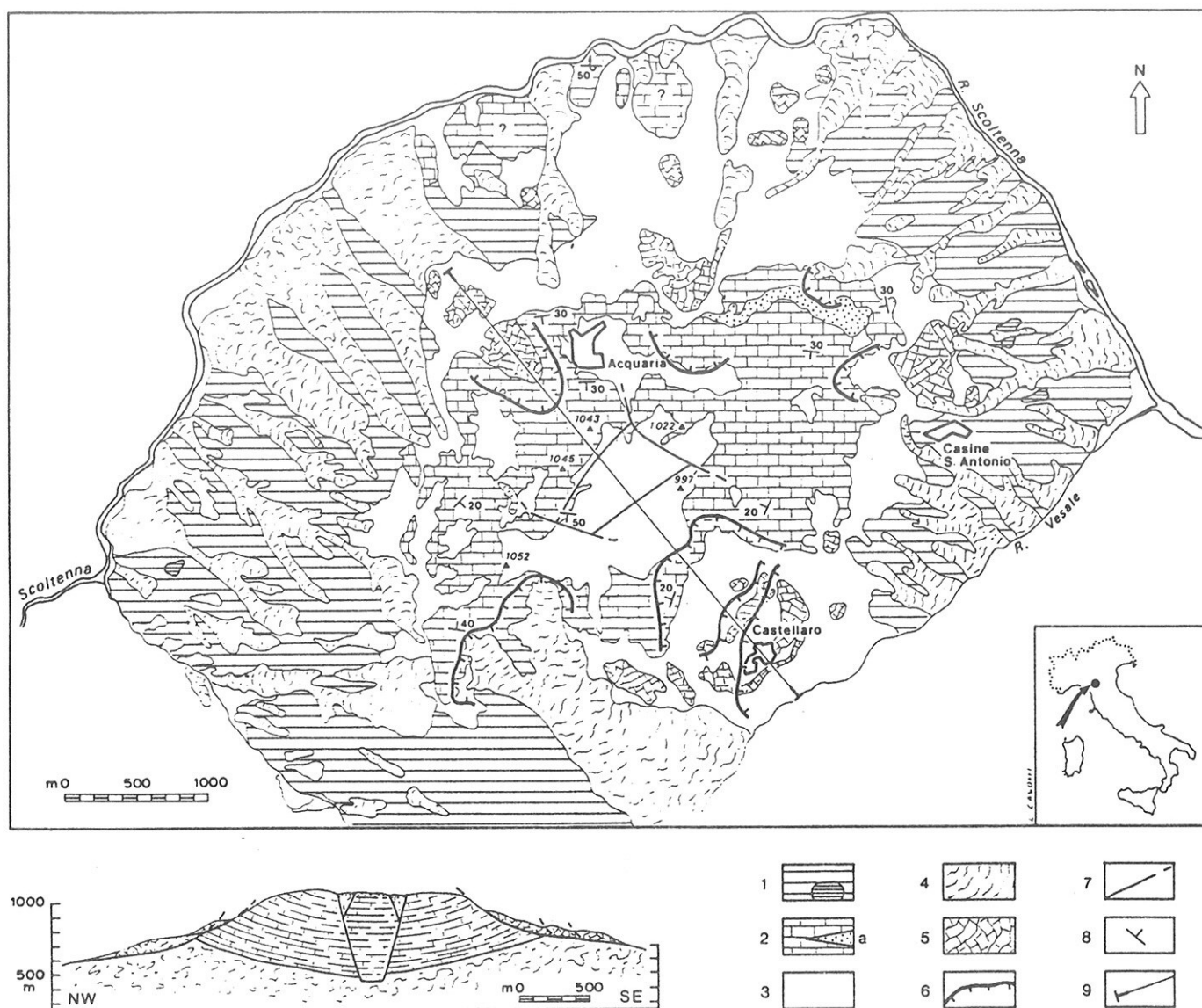


Fig. 2 - Frana di Acquaria: 1) Formazione delle Argille a Palombini: argille e argilloscisti ofiolitici con inclusi calcarei (Titoniano?-Cenomaniano); 2) Formazione di M. Venere: flysch calcareo-marnoso con intercalazioni di argille rossastre (Cretaceo superiore); 3) Depositi colluviali e di versante; 4) Colate di terra (earth flows); 5) Scorrimenti rotazionali di roccia in blocco (rock block slumps); 6) Coronamenti di frana; 7) Fratture principali; 8) Assetto degli strati; 9) Tracce di sezione.

(dal rilevamento di G. Bertolini)



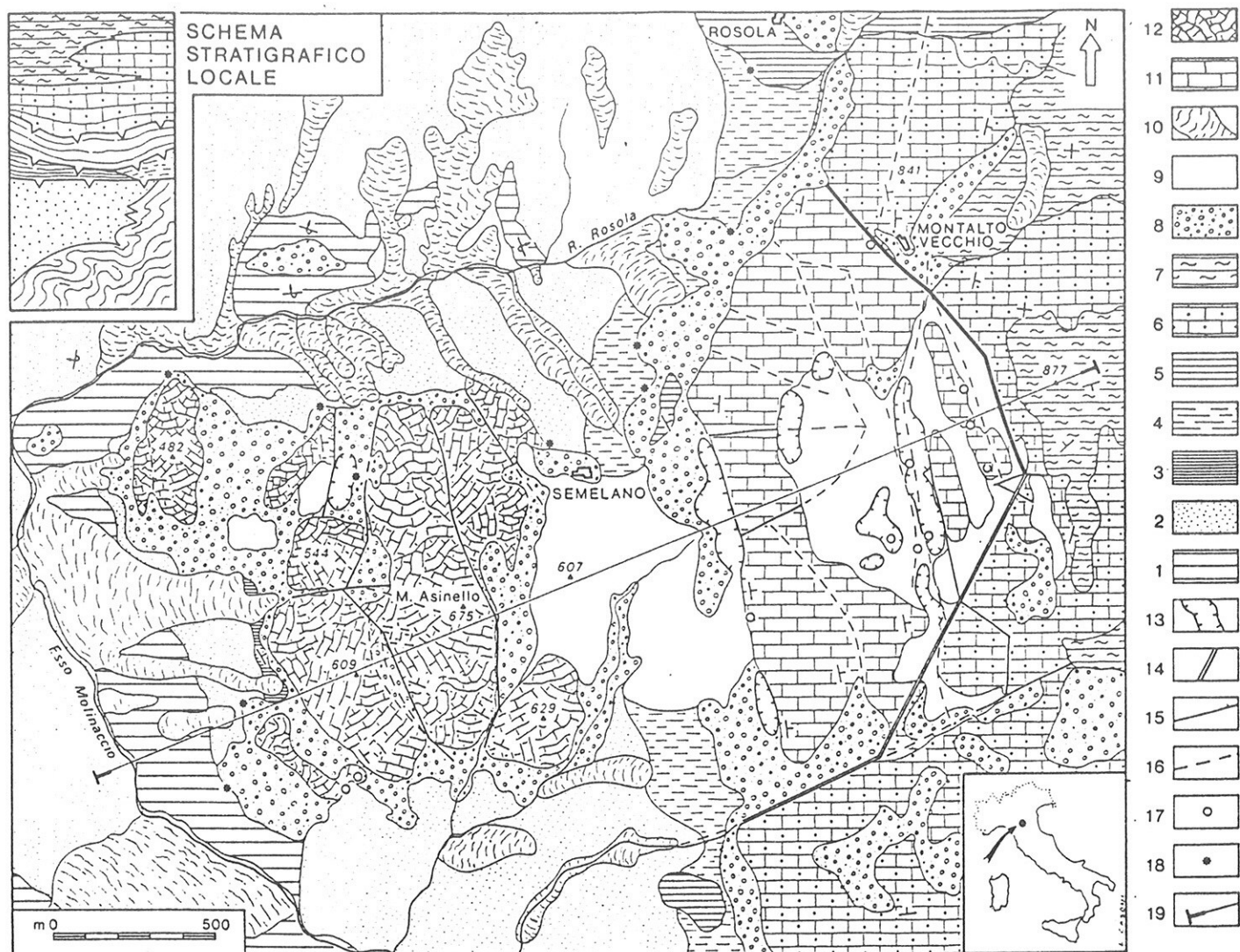


Fig. 3 - Frana di Semelano

- 1) Formazione delle Argille a Palombini: argille e argiloscisti ofiolitici con inclusi calcarei (Titoniano-Cenomaniano?);
- 2) Formazione delle Argille Varicolori: argiloscisti grigi e rossi con livelli arenacei a grana fine (Cenomaniano-Turoniano);
- 3) Formazione di Montepiano: argiloscisti marnosi grigi e rossastri con calcari (Eocene medio-sup.);
- 4) Olistostroma di Canossa: mélange sedimentario con materiali eterogenei in matrice pelitica (Oligocene sup.);
- 5) Formazione di Antognola: marne grige con livelli arenacei (Oligocene sup.);
- 6) Formazione di Bismantova: arenarie calcaree grige e giallastre a stratificazione incrociata (Miocene inf.);
- 7) Formazione di Bismantova: siltiti ocracee con livelli arenacei grigi (Miocene medio);
- 8) Detrito di versante;
- 9) Depositi colluviali;
- 10) Colate di terra e di detrito (earth & debris flows);
- 11) Formazione di Bismantova coinvolta nella frana;
- 12) Scorrimenti rotazionali di roccia in blocco (rock block slumps);
- 13) Pseudo-doline: depressioni chiuse o aperte dovute a deformazioni gravitative;
- 14) Margine della frana controllato da faglia;
- 15) Fratture principali;
- 16) Fratture secondarie;
- 17) Gulls: cavità e fratture beanti;
- 18) Sorgenti;
- 19) Tracce di sezione.

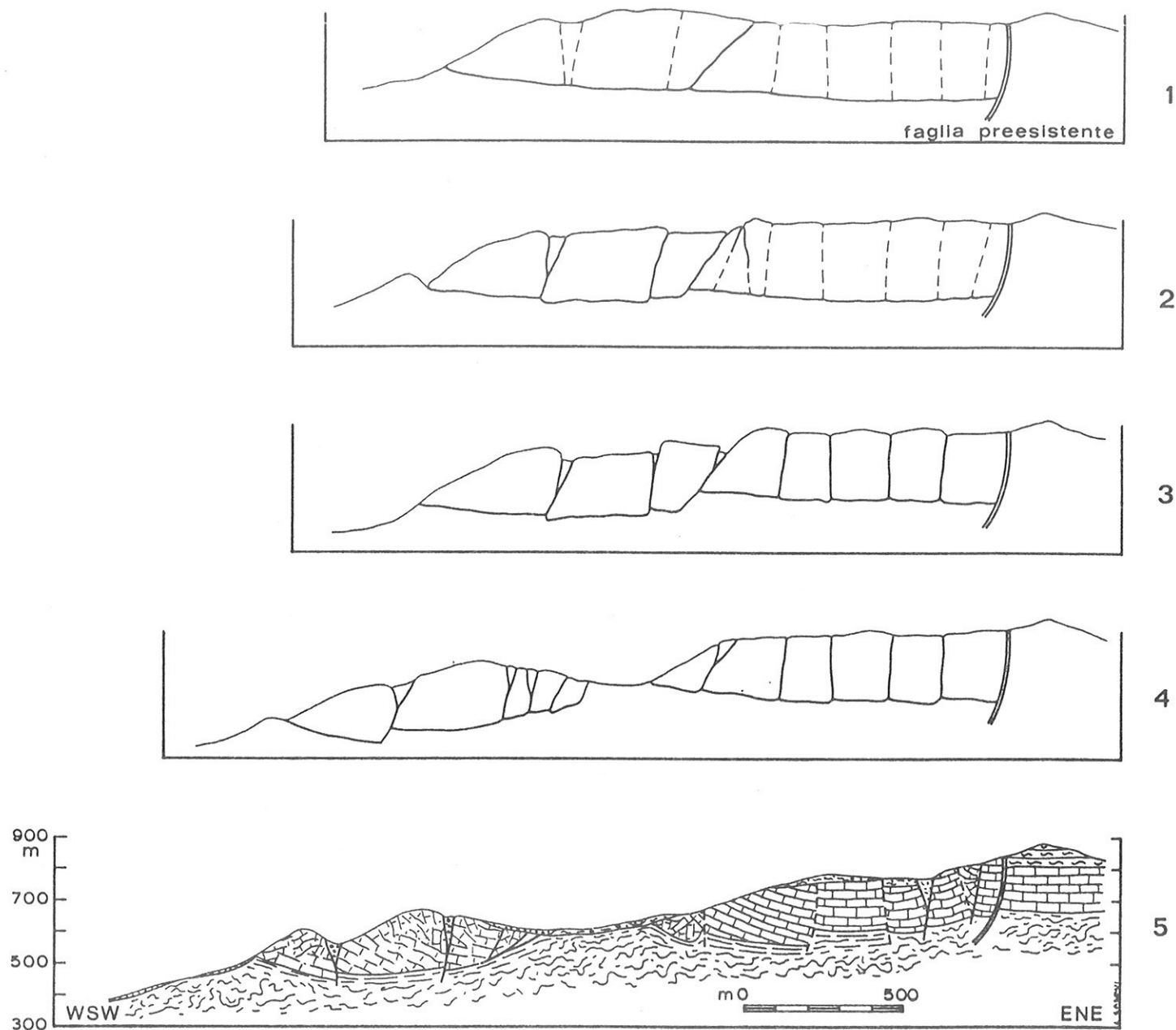


Fig. 4 - Modello evolutivo della frana di Semelano:  
 1-4. Fasi di smembramento della placca arenacea, svincolata da una faglia preesistente.  
 5. Situazione attuale.

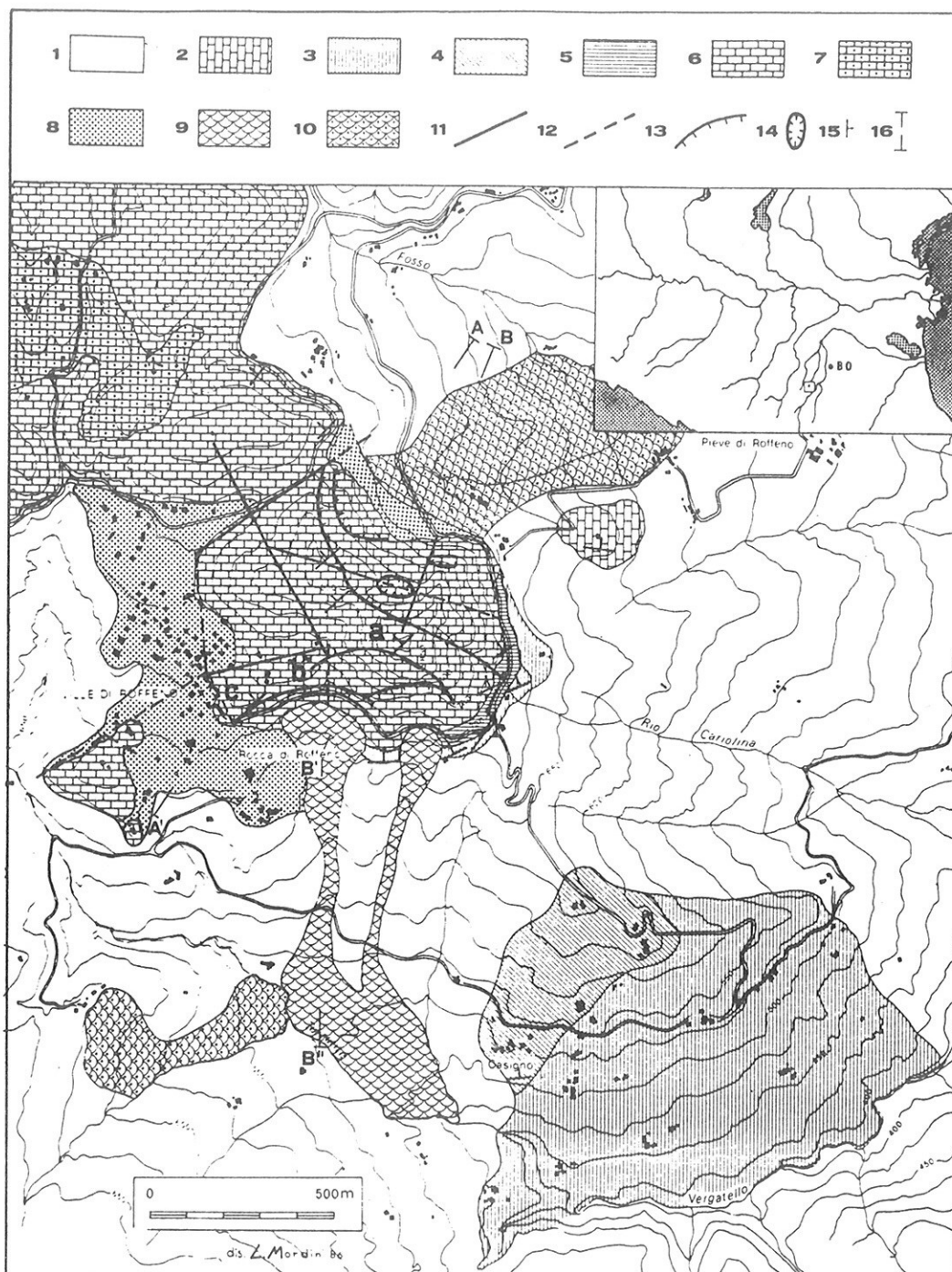


Fig. 5 - Frana di Rocca di Roffeno

- 1) Argille e argiloscisti con inclusi clasti litoidi calcarei e arenacei dei Complessi di base (Cretaceo-Eocene); 2) Flysch calcareo-marnoso con livelli arenacei e argillosi (Cretaceo sup.); 3) Formazione di Antognola (a): peliti marnoso-argillose grige a stratificazione fine (Oligocene sup.); 4) Formazione di Antognola (b): torbiditi arenacei medio-fini di colore grigio-giallastro passanti a peliti siltose grige (Oligocene sup.); 5) Formazione di Antognola (c): marne compatte e calcari selciferi di colore grigio chiaro, con lenti sottili e discontinue di selce nerastra (Oligocene sup.-Miocene inf.); 6) Formazione di Bismantova (a): arenarie calcaree e calcari arenacei di colore grigio o marrone, intensamente fratturati (Miocene inf.); 7) Formazione di Bismantova (b): marne di colore grigio chiaro a tratti siltose con stratificazione mal distinguibile (Miocene medio); 8) Depositi di versante; 9) Depositi da frane in atto o recenti; 10) Depositi da frane quiescenti; 11) Fratture principali; 12) Fratture presunte; 13) Nicchie di distacco; 14) Avvallamenti doliniformi; 15) Giacitura degli strati; 16) Tracce di sezioni.



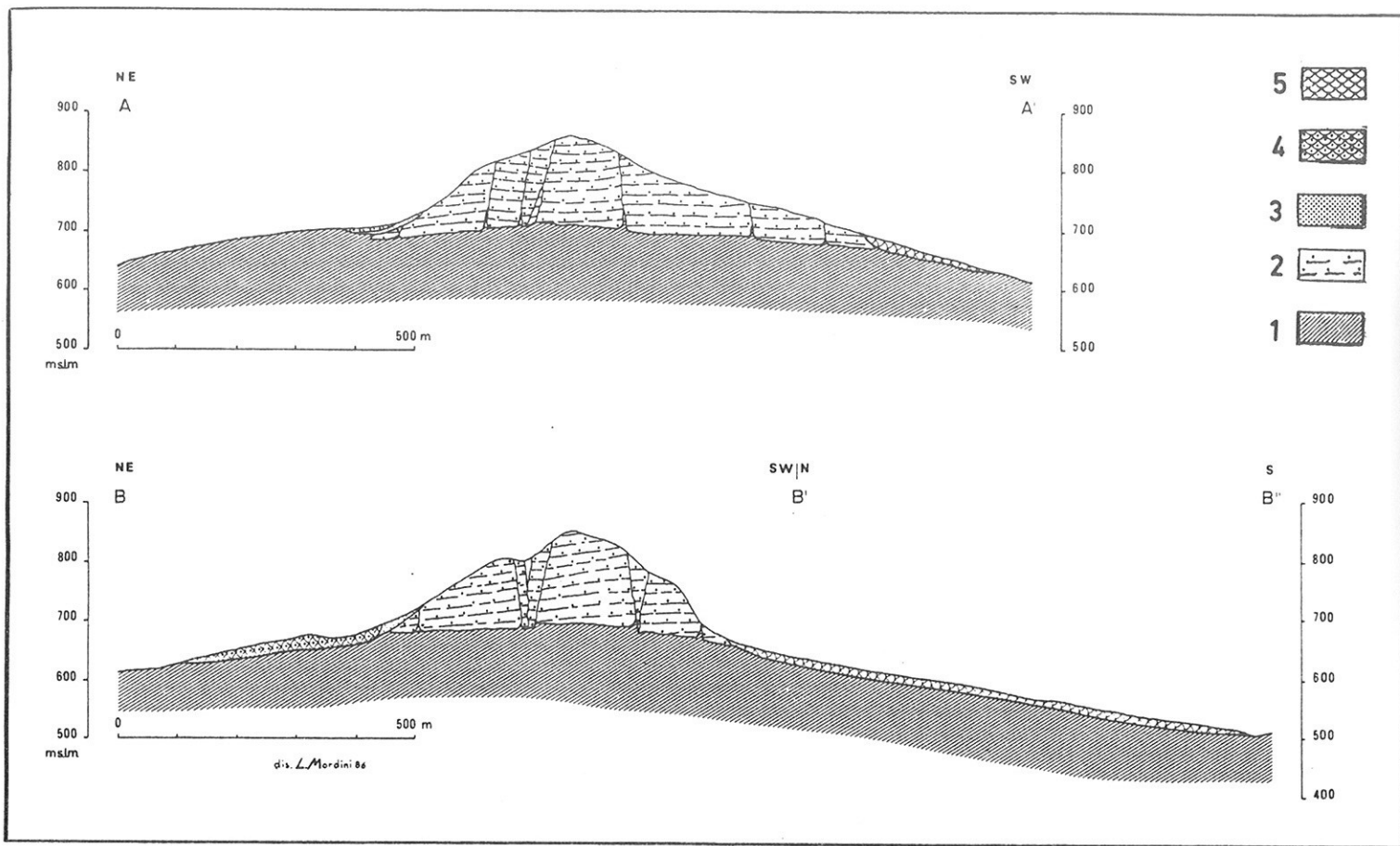


Fig. 6 - Sezioni geologiche della frana di Rocca di Roffeno

1. Complessi di base: argille, argilloscisti (Cretaceo-Eocene)
2. Formazione di Bismantova: arenarie calcaree e calcari (Miocene inf.);
3. Depositi di versante e coperture detritiche;
4. Depositi da frane quiescenti;
5. Depositi da frane in atto.

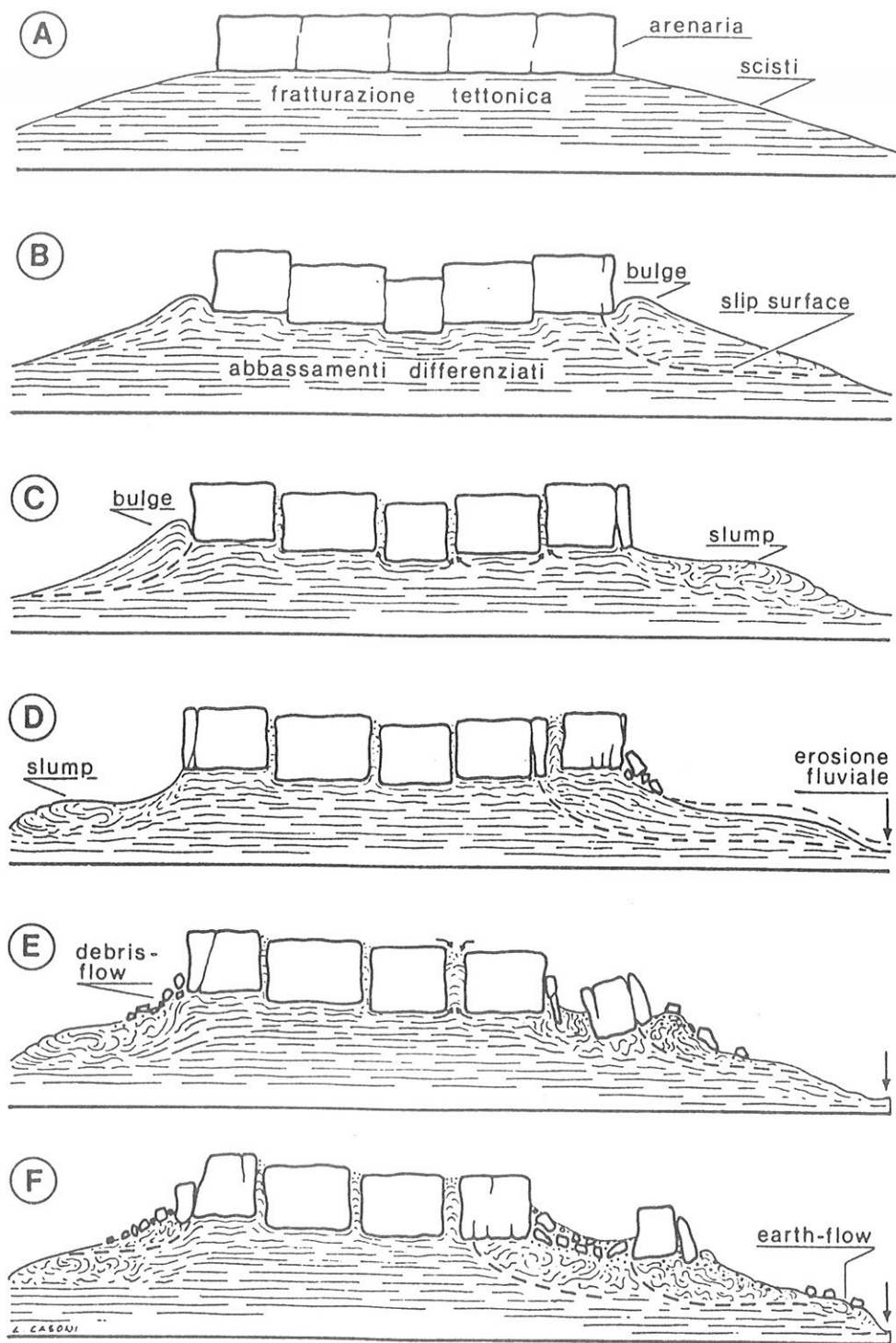


Fig. 7 - Schema del modello evolutivo del meccanismo di rottura di una placca "rigida" sovrastante a formazioni argilloscistose a comportamento duttile.

